



ارزیابی تأثیر جداسازهای لرزه ای لاستیکی با میرایی بالا در آسیب پذیری سازه‌های متوسط و مرتفع

مهدی عباسی سردار آبادی^۱، ابوزر میرزاخانی^{۲*}

^۱ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران

^{۲*} استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران (aboozar.mirzakhani@gmail.com)

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۲۹، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۰۴)

چکیده

استفاده از روش‌های کنترلی در طراحی سازه‌ها بیش از پیش مورد توجه متخصصین قرار گرفته‌است. در این میان، جداسازها با کاهش لرزش منتقل شده از زمین به سازه باعث تقلیل خسارت به اجزای سازه ای و غیر سازه‌ای می‌گردند. در این پژوهش از مدل‌سازی قاب‌های خمشی فولادی ۷ و ۱۱ طبقه با و بدون جداساز، استفاده شده‌است و تأثیرات جداساز در ایمنی سازه‌های متوسط و بلند با کمک تحلیل غیرخطی تاریخچه‌زمانی سنجیده شده‌است. مدل‌سازی‌ها تحت شتاب‌نگاشت زلزله السنترو صورت گرفته و نتایج نشان می‌دهد، جداسازها در روند کاهش پارامترهای برش پایه و شتاب بسیار موثر می‌باشند. در واقع با کاهش ۶۷ درصدی برش پایه در سازه متوسط و کاهش ۴۴ درصدی آن در سازه مرتفع، استفاده از این سیستم کنترل غیرفعال به همراه مهاربند باعث محدودتر نمودن احتمال تخریب ناشی از جابه‌جایی نسبی شده‌است. همچنین با توجه به بررسی روند تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل‌ها، مشاهده گردید که سازه‌های دارای جداساز اکثراً در مرحله الاستیک باقی مانده و وارد مرحله پلاستیک نگردیده‌است. مفاصل پلاستیک تشکیل گردیده در سازه‌های بدون جداساز نیز از نوع نیروی محوری و البته در محدوده ایمنی جانی بوده‌است. شایان توجه است که جداسازها، در سازه‌های متوسط به نسبت سازه‌های مرتفع تأثیر به‌سزایی در روند کاهش برش طبقات، شتاب و جابه‌جایی نسبی دارند.

کلمات کلیدی

کنترل غیر فعال، جداساز لرزه‌ای، مفاصل پلاستیک، تحلیل تاریخچه زمانی.



Effect Evaluation of Seismic High Damping Rubber Base Isolators in the Vulnerability of Medium and High Structures

Mahdi Abbasi Sardarabadi ¹, Aboozar Mirzakhani ^{2*}

¹ PhD Candidate, Department of Civil Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran

^{2*} Assistant professor, Department of Civil Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran

(aboozar.mirzakhani@gmail.com)

(Date of received: 20/12/2021, Date of accepted: 24/01/2022)

ABSTRACT

The use of control methods in the design of structures has received more attention. Separators, reduce damage by reducing the vibration transmitted to the structure. In this research, modeling of 7 and 11 story steel flexural frames with and without separators has been used and the effects of separators on the structural safety have been measured using nonlinear time history analysis. The modeling was performed under the record of the El-centro earthquake and the results show that the isolators are very effective in reducing the shear and acceleration parameters. With 67% reduction of the base shear in the middle structure and 44% reduction in the high structure, using this control system, reduces the possibility of damage due to relative displacement. Also, according to the study of the process of plastic joint formation in the models, structures with separators mostly remained in the elastic stage. Plastic joints formed in unseparated structures were also in the range of life safety. The isolators, have a good effect on the process of reducing the floor shear, acceleration and relative displacement.

Keywords:

Passive control, seismic base isolator, plastic joints, time history analysis.



۱- مقدمه

امروزه مهندسان برای طراحی سازه‌های مقاوم از روش‌های متفاوتی استفاده می‌کنند. در این روشها اصولی همچون افزایش سختی، افزایش انعطاف‌پذیری و کاهش جرم سازه مورد توجه هستند. البته افزایش سختی سبب بالا رفتن شتاب ناشی از زلزله شده و افزایش انعطاف‌پذیری بالا رفتن جابجایی نسبی را به دنبال دارد. روشهای نوینی همچون استفاده از سیستم‌های کنترلی (میراگرها و جداسازهای لرزه‌ای) مشکلات فوق را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند. جداسازهای لرزه‌ای انرژی دینامیکی منتقل شده از زمین به سازه را تقلیل داده و باعث کاهش نیروهای اعضای سازه و برش پایه روسازه می‌گردند.

۲- مشخصات سیستم جداساز لاستیکی طبیعی با میرایی بالا (HDNR)

در سال ۱۹۸۲ یک شرکت تحقیقاتی مالزیایی، یک ترکیب لاستیک طبیعی ابداع کرد که میرایی ذاتی آن به حدی بود که نیاز به استفاده از اجزای اضافی را از بین می‌برد. میرایی این ترکیب لاستیکی از افزودن بلوک‌های کربنی بسیار ریز، روغن‌ها یا رزینها و سایر پرکننده‌های ویژه حاصل می‌شود. میرایی را می‌توان به ۱۰٪ تا ۲۰٪ رساند که حد پایین آن (۱۰٪) مربوط به سیستم‌هایی با سختی پایین (سختی معادل ۵۰ تا ۵۵ با دستگاه تعیین کننده) با مدول برش در حدود ۰,۳۴ مگا پاسکال (psi 50) و حد بالای آن مربوط به سیستم‌هایی با سختی بالا (سختی در حدود ۷۵-۷۰) و مدول برشی بالایی در حدود ۱,۴ مگا پاسکال (Psi 200) می‌باشد. در این جداساز سختی و میرایی بالاتر سبب کمینه شدن پاسخ، تحت بار باد و بارگذاریهای لرزه‌ای با شدت پایین می‌شود و در محدوده کرنشهای برشی بین ۲۰٪ تا ۱۲۰٪ مقدار مدول برشی پایین و ثابت است. در کرنشهای بالا، به دلیل فرآیند کریستالیزه شدن کرنش در لاستیک که به همراه افزایش (ظرفیت) استهلاک انرژی است مقدار این مدول افزایش می‌یابد. از این افزایش سختی و میرایی در کرنشهای بالا می‌توان برای تولید سیستمی استفاده کرد که برای بارهای (ورودی‌های) کوچک، سخت و برای ورودی‌هایی در محدوده طرح، نسبتاً خطی و انعطاف پذیر بوده و تحت سطوح پیش بینی نشده ورودی که بیشتر از مقادیر طرح هستند، تغییر مکان را محدود کند. میرایی در جداسازها نه لزج و نه به صورت پس ماند، بلکه چیزی بین این دو می‌باشد. در یک جزء (المان) کاملاً لزج خطی، مقدار انرژی مستهلک شده متناسب با توان چهارم جابجایی و در یک سیستم پسماند (هیسترزیس) به صورت خطی با جابجایی تغییر می‌کند. یکی دیگر از مزایای ذاتی سیستم‌های HDNR آن است که سبب مقداری کاهش در ارتعاشات محیطی می‌شوند. این جداسازها به عنوان فیلتری برای ارتعاشات قائم با فرکانس بالا، که در اثر ترافیک یا خطوط راه آهن زیر زمینی ایجاد می‌شوند، عمل می‌کنند. شکل (۱) جداساز لاستیکی با میرایی بالا را نشان می‌دهد. [۱ و ۲]



شکل ۱: نمونه‌ای از جداساز لاستیکی با میرایی بالا [۳].



۳- مدل مطالعاتی

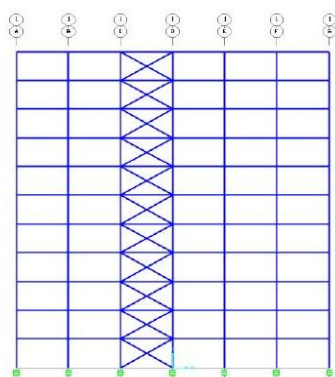
در این مقاله از دو قاب با تعداد طبقات ۷ و ۱۱ دارای جداساز لرزه ای لاستیکی با میرایی بالا استفاده می گردد. هر دو سازه به صورت قاب خمشی مهاربندی شده با ۶ دهانه به عرض ۵ متر، با ارتفاع طبقات ۳ متر، و فرض اولیه دوره تناوب طراحی ۲٫۲ ثانیه در نظر گرفته شده است. در دو قاب برای اعضای تیر از مقاطع IPE و برای اعضای ستون ها از مقاطع BOX استفاده شده است. در این مقاله از نرم افزار SAP2000 و زلزله السنتر با روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی استفاده شده است. (جدول شماره ۱)

جدول (۱): پارامترهای پیش فرض برای تحلیل سازه

بار زنده	۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر
بار مرده	۲۵۰۰ کیلوگرم بر متر
نوع خاک	۲
شتاب زلزله	۰/۳۵g
سیستم باربر جانبی	قاب خمشی+ مهاربند ضربدری
شتاب نگاشت مورد استفاده	السنتر

۳-۱- طراحی جداساز در قاب یازده طبقه

در شکل شماره ۲ مدل قاب ۱۱ طبقه مشاهده می شود. محاسبه نیروی وارد به ستون بحرانی در رابطه ۱: [۵و۴]



شکل ۲: مدل قاب یازده طبقه دارای جداساز در برنامه sap.

$$P = P_{DL} + P_{LL} = (2.5 \times 5 \times 11) + (1 \times 5 \times 11) = 187 \text{ ton} \quad (1)$$

که در آن P_{DL} نیروی ناشی از بار مرده ستون و P_{LL} نیروی ناشی از بار زنده ستون است به دلیل آن که وزن مقاطع محاسبه نشده بار بحرانی را برابر ۱۹۰ تن برابر رابطه ۲ در نظر می گیریم و در روابط ۳ تا ۸ سعی در طراحی خصوصیات جداساز مورد نیاز داریم:

$$P = P_{DL} + P_{LL} = 190 \text{ ton} \quad (2)$$

$$K_{eff} = \frac{W}{g} \left(\frac{2\pi}{T_D} \right)^2 \Big|_{W=P_{DL}+P_{LL}} = K_{eff} = \frac{190}{9.81} \left(\frac{2\pi}{2.2} \right)^2 \Big|_{W=P_{DL}+P_{LL}} = 157.81 \frac{\text{ton}}{\text{m}} \quad (3)$$



که در آن K_{eff} سختی موثر جداساز و w وزن موثر و g شتاب ثقل و T_D دوره تناوب طراحی است در ادامه برای به دست آوردن تغییر مکان با داشتن میرایی موثر ($\xi_{eff} = 10\%$) و استفاده از دستورالعمل و نشریه ۳۶۰، ضریب میرایی B_D جداساز برابر با $1/2$ در دسترس قرار می گیرد. با استفاده از پارامترهای موجود تغییر مکان طرح بر پایه ی رابطه ی زیر محاسبه می شود.

$$A = 0.35 \Rightarrow S = 1.5 \quad T_S = 0.5 \quad T_o = 0.1 \quad (4)$$

که در آن D_D تغییر مکان طراحی جداساز می باشد. نکته بسیار مهم در رابطه با جداساز های لاستیکی در رابطه فوق مشاهده می شود که تغییر مکان طراحی به پارامترهای متنوعی بستگی دارد از جمله نوع خاک، ضریب میرایی و پریود طراحی. نکته حائز توجه اینجاست که اگر بعد از مدل سازی سازه در نرم افزار پریود اصلی سازه بیشتر از دوره تناوب طراحی شد، باید تغییر مکان طرح دوباره اصلاح شود. همانطور که می دانیم با افزایش دوره تناوب ضریب بازتاب کاهش میابد ولی تغییر مکان افزایش می یابد. پس باید تغییر مکان نیز اصلاح گردد.

محاسبه مقاومت تسلیم $Q(\text{ton})$: (برای محاسبه مقاومت تسلیم ۵٪ نیروی وزن اعمالی در نظر گرفته می شود).

$$Q = 0.05 \times 190 (\text{ton}) = 9.5 \quad (5)$$

سختی موثر در قسمت بالا محاسبه گردید:

$$K_{eff} = 157.81 \text{ ton/m}$$

سختی اولیه (سختی الاستیک): برابر است با مقاومت تسلیم تقسیم بر تغییر مکان متناظر:

$$K_1 = \frac{9.5}{0.01} = 950 \text{ ton/m} \quad (6)$$

سختی ثانویه (سختی پلاستیک): برابر است با $1/8$ سختی اولیه

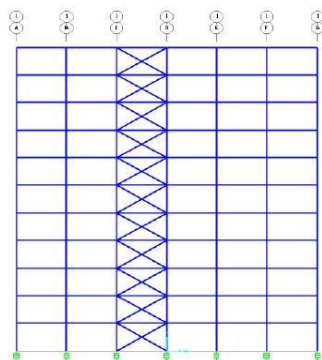
$$K_2 = 950 \times 0.1 = 95 \text{ ton/m} \quad (7)$$

میرایی موثر (C):

$$c = \xi \times 2m\omega_n = 0.1 \times 2 \times 190 \times \frac{2 \times 3.14}{3} = 79.54 \text{ ton s/m} \quad (8)$$

۲-۳- طراحی جداساز در قاب هفت طبقه

در شکل شماره ۳ مدل قاب ۷ طبقه مشاهده می شود. محاسبه نیروی وارد به ستون بحرانی (رابطه ۹):



شکل ۳: مدل قاب هفت طبقه دارای جداساز.



$$P = P_{DL} + P_{LL} = (2.5 \times 5 \times 7) + (1 \times 5 \times 7) = 122.5 \text{ ton} \quad (9)$$

که در آن P_{DL} نیروی ناشی از بار مرده ستون و P_{LL} نیروی ناشی از بار زنده ستون است به دلیل آن که وزن مقاطع محاسبه نشده بار بحرانی را برابر ۱۳۰ تن برابر رابطه ۱۰ در نظر می گیریم و در روابط ۱۱ تا ۱۶ سعی در طراحی خصوصیات جداساز این سازه داریم:

$$P = P_{DL} + P_{LL} = 130 \text{ ton} \quad (10)$$

$$K_{eff} = \frac{W}{g} \left(\frac{2\pi}{T_D} \right)^2 \Big|_{W=P_{DL}+P_{LL}} = K_{eff} = \frac{130}{9.81} \left(\frac{2\pi}{2.2} \right)^2 \Big|_{W=P_{DL}+P_{LL}} = 108 \frac{\text{ton}}{\text{m}} \quad (11)$$

که در آن K_{eff} سختی موثر جداساز و W وزن موثر و g شتاب ثقل و T_D دوره تناوب طراحی است در ادامه برای به دست آوردن تغییر مکان با داشتن میرایی مؤثر ($\xi_{eff} = 10\%$) و استفاده از دستورالعمل و نشریه ۳۶۰، ضریب میرایی B_D جداساز برابر با $1/2$ در دسترس قرار می گیرد. با استفاده از پارامترهای موجود تغییر مکان طرح بر پایه ی رابطه ی زیر محاسبه می شود.

$$\Rightarrow S = 1.5 \quad T_s = 0.5 \quad T_o = 0.1 \quad A = 0.35$$

$$D_D = \frac{g}{4\pi^2} \times \frac{A \times (S + 1) T_s^{\frac{2}{3}} \times T_D}{B_D} = \frac{9.81}{4\pi^2} \times \frac{0.35 \times (1.5 + 1) \times 0.4^{\frac{2}{3}} \times 2.2}{1.2} = 0.219\text{m} = 0.3\text{m} \quad (12)$$

که در آن D_D تغییر مکان طراحی جداساز می باشد. در این مورد نیز دوره تناوب اصلی سازه بیشتر از پیروی طراحی شد و باید برگشت و تغییر مکان طرح را اصلاح نمود. در رابطه ۱۳ محاسبه مقاومت تسلیم $Q(\text{ton})$ با 5% نیروی وزن اعمالی نشان داده شده است.

$$Q = 0.05 \times 130 (\text{ton}) = 6.5 \text{ ton} \quad (13)$$

سختی اولیه (سختی الاستیک): برابر است با مقاومت تسلیم تقسیم بر تغییر مکان متناظر

$$K_1 = \frac{6.5}{0.01} = 650 \text{ ton/m} \quad (14)$$

سختی ثانویه (سختی پلاستیک): برابر است با $0/1$ سختی اولیه

$$K_2 = 950 \times 0.1 = 95 \text{ ton/m} \quad (15)$$

میرایی موثر (C):

$$c = \xi \times 2m\omega_n = 0.1 \times 2 \times 130 \times \frac{2 \times 3.14}{3} = 54.42 \text{ ton s/m} \quad (16)$$



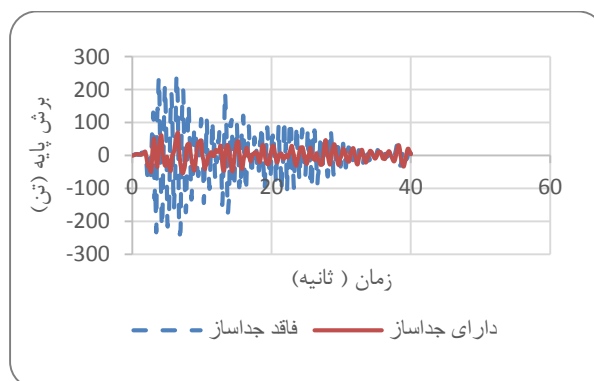
۴- نتایج

۴-۱- مقایسه ماکزیمم برش پایه قاب هفت طبقه

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود، برش پایه با اضافه شدن جداساز کاهش قابل ملاحظه‌ای می یابد.

جدول ۲: برش پایه قاب هفت طبقه.

۲۱۵ تن	ماکزیمم برش پایه بدون جداساز
۶۹ تن	ماکزیمم برش پایه با جداساز (HDRB)



شکل ۴: تاریخچه برش پایه قاب ۷ طبقه دارای جداساز و بدون جداساز تحت زلزله السنترو با مدت زمان ۴۰ ثانیه.

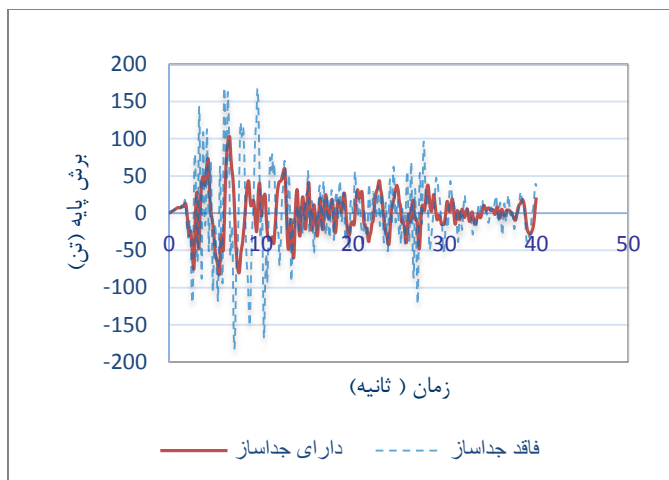
با عنایت به نتایج استخراج گردیده از جدول ۲ و شکل ۴ مشاهده می گردد که جداساز باعث کاهش چشمگیر برش پایه روسازه و به میزان ۶۷ درصد می گردد.

۴-۲- مقایسه ماکزیمم برش پایه قاب یازده طبقه

در جدول ۳ برش پایه ماکزیمم سازه یازده طبقه حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ارائه شده است:

جدول ۳: برش پایه قاب یازده طبقه.

۱۹۸ تن	ماکزیمم برش پایه بدون جداساز
۱۱۰ تن	ماکزیمم برش پایه دارای جداساز (HDRB)



شکل ۵: تاریخچه برش پایه قاب مدل ۱۱ طبقه دارای جداساز و بدون جداساز تحت زلزله السنترو.

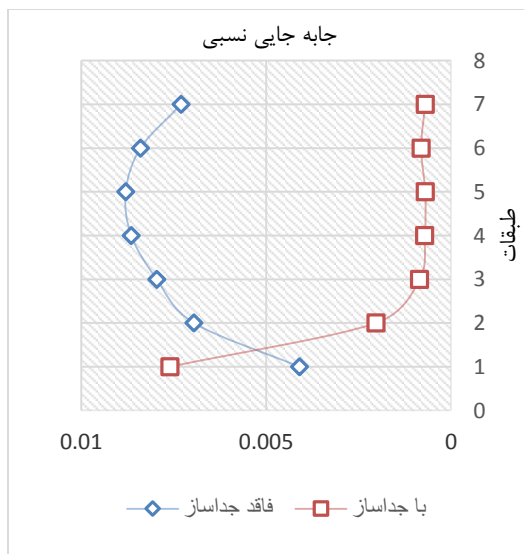
با توجه به نتایج استخراج گردیده از جدول ۳ و شکل ۵ مشاهده می‌گردد که جداساز لاستیکی با میرایی بالا باعث کاهش برش پایه سازه به میزان ۴۴ درصد گردیده است.

۳-۴- مقایسه جابه‌جایی نسبی (دریفت) قاب ۷ طبقه

در جدول ۴ دریفت طبقات سازه هفت طبقه حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ارائه شده است:

جدول ۴: جابه‌جایی نسبی قاب هفت طبقه.

طبقه	فاقد جداساز	دارای جداساز
۱	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۷۶
۲	۰/۰۰۶۹۵	۰/۰۰۲۰۳
۳	۰/۰۰۷۹۶	۰/۰۰۰۸۵
۴	۰/۰۰۸۶۵	۰/۰۰۰۷۱
۵	۰/۰۰۸۸	۰/۰۰۰۷
۶	۰/۰۰۸۴	۰/۰۰۰۸۱
۷	۰/۰۰۷۳	۰/۰۰۰۷



شکل ۶: مقایسه دررفت قاب مهاربندی شده ۷ طبقه دارای جداساز و بدون جداساز.

از جدول ۴ و شکل ۶ مشاهده می‌گردد که جداساز لاستیکی با میرایی بالا به همراه مهاربند باعث کاهش دررفت سازه به میزان قابل توجهی گردیده است.

۴-۴- جابجایی نسبی قاب ۱۱ طبقه دارای جداساز لرزه ای با میرایی بالا و بدون جداساز در جدول ۵ دررفت طبقات سازه یازده طبقه حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ارائه شده و سپس در شکل ۷ این نتایج در قالب نمودار بیان گردیده است:

جدول (۵): جابه جایی نسبی قاب یازده طبقه

طبقه	فاقد جداساز	دارای جداساز
۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱۲
۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴
۳	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۳۳
۴	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۴
۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴
۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴
۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴
۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴
۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴۳



شکل ۷: مقایسه جابه جایی نسبی قاب مهاربندی شده یازده طبقه دارای جداساز و بدون جداساز.

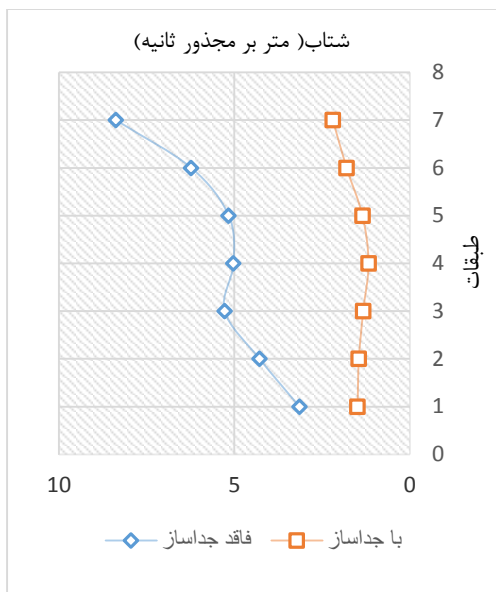
با عنایت به بررسی بر روی جداول ۴ و ۵ و شکل های ۶ و ۷ مشخص می گردد که در سازه مهاربندی شده به همراه جداساز موجبات کاهش چشمگیر جابه جایی نسبی در طبقات فراهم گردیده به نحوی که سازه های مشتمل بر جداساز، وارد خرابی گسترده نخواهد شد با توجه به نتایج به دست آمده و توجه به نمودارها و اشکال موثرتر بودن جداساز در سازه هفت طبقه در روند کاهش دریافت نسبت به سازه یازده طبقه کاملاً مشهود می باشد.

۴-۵- مقایسه شتاب قاب هفت طبقه دارای جداساز لرزه ای با میرایی بالا و بدون جداساز

در جدول ۶ شاهد شتاب طبقات سازه هفت طبقه حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی هستیم و در شکل ۸ نیز این نتایج به تصویر کشیده شده است:

جدول ۶: شتاب قاب هفت طبقه.

طبقه	فاقد جداساز	دارای جداساز
۱	۴/۱۴	۳/۴۸
۲	۷/۶۲	۴/۲۲
۳	۸/۰۱	۴/۴۵
۴	۷/۰۵	۴/۳۸
۵	۵/۹۸	۴/۴۷
۶	۸/۳۴	۴/۸۶
۷	۱۱/۱۱	۵/۱۹

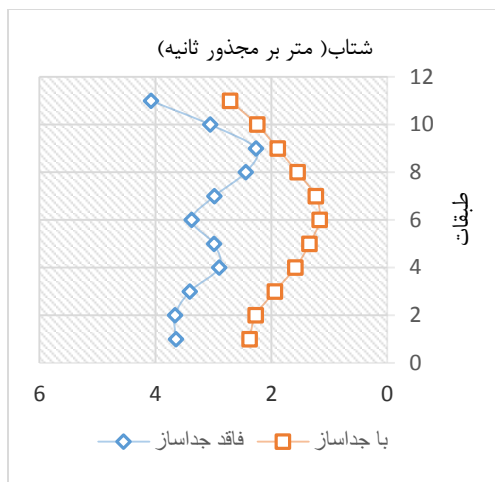


شکل ۸: مقایسه شتاب قاب ۷ طبقه (متر بر مجذور ثانیه).

۴-۶- مقایسه شتاب قاب هفت طبقه دارای جداساز لرزه ای با میرایی بالا و بدون جداساز در جدول ۷ شاهد شتاب طبقات سازه یازده طبقه حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی هستیم و در شکل ۹ نیز این نتایج به تصویر کشیده شده است:

جدول ۷: شتاب قاب یازده طبقه.

طبقه	فاقد جداساز	دارای جداساز
۱	۲/۵۶	۵/۰۹
۲	۴/۷۰۴	۵/۷۹
۳	۵/۱۲۹	۵/۹۶
۴	۴/۷۴	۵/۵۵
۵	۵/۰۷	۴/۷۵
۶	۵/۶	۳/۹۱
۷	۴/۸۹	۳/۴۳
۸	۳/۸۵	۳/۵
۹	۴/۱۶	۳/۷۲
۱۰	۴/۶	۴/۴۹
۱۱	۵/۶۵	۵/۱۴۹

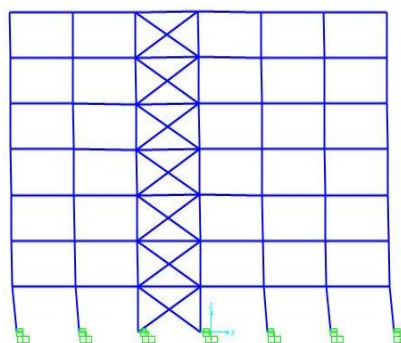


شکل ۹: مقایسه شتاب قاب مهاربندی شده ۱۱ طبقه دارای جداساز و بدون جداساز (متر بر مجذور ثانیه).

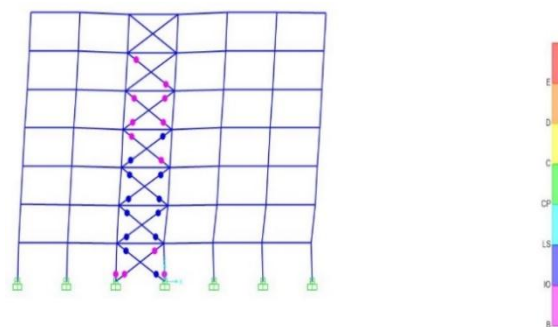
با بررسی جداول ۶ و ۷ و نمودار اشکال ۸ و ۹ مشخص می گردد سازه مهاربندی شده به همراه جداساز موجب کاهش شتاب در طبقات گردیده و همچنین موثر بودن جداساز در سازه هفت طبقه در روند کاهش شتاب نیز نسبت به سازه یازده طبقه مشهود می باشد.

۷-۴- بررسی تشکیل مفاصل پلاستیک

در شکل ۱۰ شاهد مفاصل ایجاد شده در سازه هفت طبقه با جداساز حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی تحت رکورد زلزله هستیم و در شکل ۱۱ نیز مفاصل ایجاد شده در قاب بدون جداساز نشان داده شده است. تعریف خصوصیات مفصل پلاستیک در نرم افزار نیز مطابق دستورالعمل FEMA356 انجام شده است.

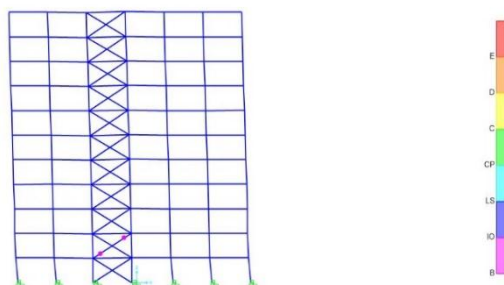


شکل ۱۰: مفاصل پلاستیک قاب هفت طبقه دارای جداساز لاستیکی با میرایی بالا.

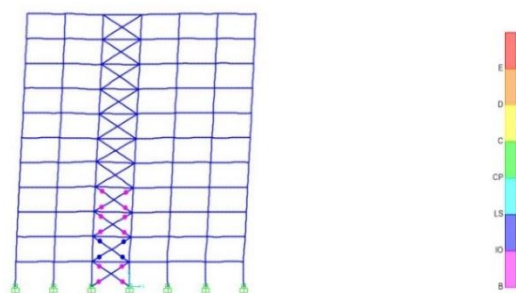


شکل ۱۱: مفاصل پلاستیک قاب هفت طبقه فاقد جداساز با پایه گیردار.

در شکل ۱۲ و ۱۳ نیز نتایج نسبتاً مشابهی برای سازه یازده طبقه حاصل شده است.



شکل ۱۲: مفاصل پلاستیک قاب یازده طبقه دارای جداساز لاستیکی.



شکل ۱۳: مفاصل پلاستیک قاب یازده طبقه فاقد جداساز لاستیکی.

مشاهده می‌شود که در قاب های فاقد جداساز در قسمت های مهاربندی به علت جذب نیروی زلزله مفاصل پلاستیک از نوع نیروی محوری و البته در محدوده ایمنی جانی (LS) تشکیل گردیده و این در حالی است که در قاب های دارای جداساز به جز یک عضو از مهاربند در قاب یازده طبقه مفاصل پلاستیک تشکیل نگردیده است که خود گویای این مطلب بوده که سازه‌های فوق در مرحله الاستیک باقی مانده و به مرحله پلاستیک وارد نشده و لذا خرابی و فروریزش در این سازه‌ها محدود می باشد.



۵- جمع بندی و نتیجه گیری

در این پژوهش از مدلسازی المان محدود چهار قاب خمشی هفت و یازده طبقه دارای مهاربند همگرا، با و بدون جداساز استفاده شده است. با توجه به اینکه جابه‌جایی‌های نسبی بین طبقات از عوامل مهم در فرو ریزش سازه‌ها، ناشی از زلزله است اگر موفق به کاهش این اثر در سازه‌ها باشیم، بدون شک تخریب‌های سازه به حداقل می‌رسد و رفتار سازه از مرحله الاستیک به مرحله الاستوپلاستیک و پلاستیک وارد نمی‌شود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، استفاده توأم جداساز و مهاربند همگرا موجب کاهش جابه‌جایی نسبی در طبقات به میزان قابل توجهی گشته است اما استفاده از جداساز در روند کاهش شتاب طبقات تأثیر کمی دارد با این وجود برای سازه‌های مرتفع می‌توان از جداساز به منظور کاهش آسیب پذیری استفاده کرد چرا که روند تشکیل مفاصل پلاستیک در سازه مرتفع با جداساز، کاهش یافته و نشان از تقلیل آسیب وارده به مقاطع می‌باشد. برابر مستندات و نتایج حاصله جداسازها در سازه‌های متوسط به نسبت سازه‌های مرتفع تأثیر بسزایی در روند کاهش برش طبقات، شتاب و جابه‌جایی نسبی دارند. بطوری که با استفاده از جداساز برش پایه سازه به میزان ۴۴ درصد در سازه مرتفع و ۶۷ درصد در سازه کوتاه‌تر کاهش می‌یابد.

۶- مراجع

- [1]-Skinner, I. V., and Robinson, W., H., 1999, **An introduction to seismic isolation**, Mcverry, G. H., translated by Tehranizadeh M-Hamed Farzaneh.
- [2]- Guide the design and implementation of seismic isolation systems in buildings, 2019, Publication No. 523 Executive Vice President Strategic Technology Office system.
- [3]-Seismic Rehabilitation of existing guidelines Publication No. 360, 2006, Technical Affairs, Office Technology, developed criteria and reducing the risk of earthquake.
- [4]-Naim, F., and Kelly, J., 1381, **the design of buildings with seismic isolation**, translated by Ashtiani, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering.
- [5]-Jameel, A., B., Mohd, Z., Saiful Islam, M., 2011, **Seismic isolation in buildings to be a practical reality Behavior of structure and installation technique**, Journal of Engineering and Technology Research, 3, 4, 99-117.
- [6]- Skinner, R. I., Robinson, W. H., and Verry, Gh., Mc., 1993, **An introduction to seismic isolation**, John Wiley and sons, London P.11, 12, 16.
- [7]-Naeim, F. and Kelly, James., 1999, **Design of seismic Isolated Structures from Theory to Practice**, John Wiley & Sons, New York.